

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07306304 A**

(43) Date of publication of application: **21.11.95**

(51) Int. Cl.

G02B 3/00
G03F 7/20
H01L 21/027

(21) Application number: **06097134**

(71) Applicant: **RICOH OPT IND CO LTD**

(22) Date of filing: **11.05.94**

(72) Inventor: **TAKAHASHI YASUSHI**

(54) **OPTICAL HOMOGENIZER**

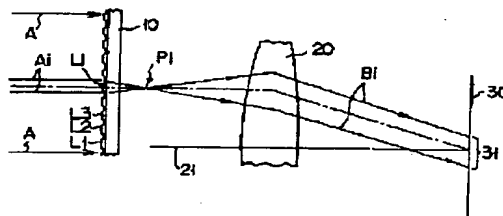
case for composing it by combining element lenses with each other.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

PURPOSE: To provide a homogenizer easily and inexpensively manufactured and having less restriction to the incident light in uniformity by using a microlens group element and forming a microlens group on a transparent substrate.

CONSTITUTION: This homogenizer is provided with a microlens group element 10 and a condenser lens 20, the microlens group 10 is a parallel plane plate-shaped transparent substrate and minute convex surfaces L1, L2, L3,...Li being mutually equivalent are formed on one surface of the substrate so as to be distributed two-dimensionally. The minute convex surface Li composes a convex microlens as a convex refractive surface. A parallel light beam is made incident on the microlens group 10 from the left-hand side in parallel with the optical axis of each microlens Li of the microlens group element 10. The condenser lens 20 is arranged on the rear side of the microlens group element 10 so that its focal plane on the object side is located parallel with the microlens group element 10 while passing through a focal position Pi. Consequently, the homogenizer is easily manufactured compared with the



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-306304

(43) 公開日 平成7年(1995)11月21日

| | | | | |
|--------------------------|-------|--------|-----|--------|
| (51) IntCl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| G 0 2 B 3/00 | | A | | |
| G 0 3 F 7/20 | 5 2 1 | | | |
| H 0 1 L 21/027 | | | | |

H 0 1 L 21/ 30 5 1 5 D
5 2 7

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-97134

(22) 出願日 平成6年(1994)5月11日

(71) 出願人 000115728

リコー光学株式会社

岩手県花巻市大畑第十地割109番地

(72) 発明者 高橋 靖

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

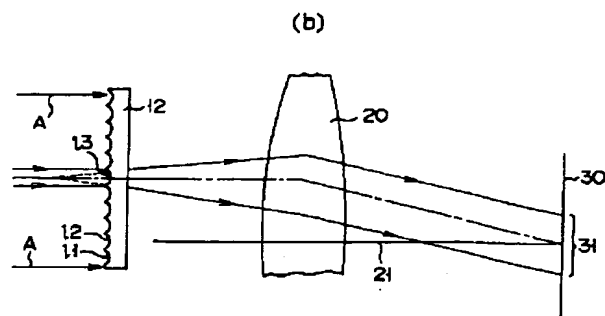
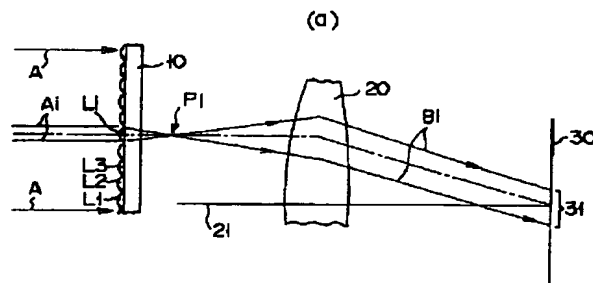
(74) 代理人 弁理士 樺山 亨 (外1名)

(54) 【発明の名称】 オプティカル・ホモジナイザー

(57) 【要約】

【目的】 容易且つ安価な製造が可能で、均一化する光に対する制限の少ないオプティカル・ホモジナイザーを実現する。

【構成】 同一の透明基板に、多数の等価なマイクロレンズ L_i を、光束 A の入射領域に分布させて形成して成るマイクロレンズ群素子 10 と、マイクロレンズ群素子 10 の後方に配備されるコンデンサーレンズ 20 とを有するオプティカル・ホモジナイザー。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光束断面上の光強度が不均一な光束を入射され、所定位置に、均一な光強度を持った光束として集光する光学系であって、

同一の透明基板に、多数のマイクロレンズを、上記光束の入射領域に分布させて形成して成るマイクロレンズ群素子と、

このマイクロレンズ群素子の後方に配備されるコンデンサーレンズとを有することを特徴とする、オブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 2】 請求項 1 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズが、2次元のアレイ配列に配列されていることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 3】 請求項 1 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズが、コンデンサーレンズの光軸を中心として同心円状に配列されていることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 4】 請求項 1 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズが、それぞれ互いに接して稠密に形成されていることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 5】 請求項 1 または 2 または 3 または 4 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズが正の屈折力を有することを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 6】 請求項 1 または 2 または 3 または 4 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズが負の屈折力を有することを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 7】 請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子は、透明基板の少なくとも片面に、微小凸面による屈折面群を有し、

これら屈折面群は、透明基板の片面に形成された可塑性材料の層をマイクロレンズ群に応じてパターンニングし、マイクロレンズ群に応じてパターンニングされた可塑性材料の表面形状を、熱および/または圧力により凸曲面化し、凸曲面化した可塑性材料の表面形状をエッチングにより上記透明基板に彫り写すことにより形成されていることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 8】 請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子は、透明基板の少なくとも片面に、微小凹面による屈折面群を有し、

これら屈折面群は、透明基板の片面に形成されたレジストの層に、マイクロレンズ群に応じて形成された凹面形状を、エッチングにより上記透明基板に彫り写すことにより形成されていることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 9】 請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子は、透明基板の少なくとも片面に、微小凸面による屈折面群を有し、

これら屈折面群は、屈折面群に応じた凹面群を有する型と、透明基板の片面とにより硬化性樹脂を挟んで、光及び/又は熱により硬化させることにより硬化性樹脂の表面に形成される凸面形状群をエッチングにより透明基板に彫り写すことにより形成されることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【請求項 10】 請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 記載のオブチカル・ホモジナイザーにおいて、

マイクロレンズ群素子は、透明基板の少なくとも片面に、微小凹面による屈折面群を有し、

これら屈折面群は、屈折面群に応じた凸面群を有する型と、透明基板の片面とにより硬化性樹脂を挟んで、光及び/又は熱により硬化させることにより硬化性樹脂の表面に形成される凹面形状群をエッチングにより透明基板に彫り写すことにより形成されることを特徴とするオブチカル・ホモジナイザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明はオブチカル・ホモジナイザーに関する。この発明のオブチカル・ホモジナイザーは、フォトリソグラフィの露光用光源や、液晶プロジェクタの液晶用光源として利用できる。

【0002】

【従来の技術】 半導体 IC の製造に於て、「マスクにより IC 回路パターンをウエハに露光する」場合や、液晶プロジェクタに於て、「液晶を照明して液晶上の画像をスクリーン上に投影する」場合等には、一定の面積領域を均一な強度の光で照明する必要が生じる。

【0003】 一般に、光源側からの光束は、その光束断面上の光強度が均一な場合は稀であり、通常は、何等かの強度分布を伴っている。このため、一定の面積領域を均一な強度分布の光で照射するには、光源側からの光束の強度分布を均一化（ホモジナイズ）する必要があり、これを実行する光学素子を「オブチカル・ホモジナイザー」と呼ぶ。

【0004】 オブチカル・ホモジナイザーは、従来から種々のものが知られているが、中でも実用的と思われるものは、特開平 3-16114 号公報に開示された、

「互いに等価な小径レンズ（エレメントレンズ）を多数、互いに稠密に組み合わせ、押圧力により相互間を不動としてレンズ群（フライアイレンズ）とし、このレン

ズ群に光源側からの光束を平行光束化して入射させ、各小径レンズにより集光した光束が、発散しつつコンデンサーレンズに入射するようにし、コンデンサーレンズにより、各小径レンズからの光束を平行光束化しつつ、所望の面積領域に照射するように構成した」ものである。

【0005】この場合、精度の悪いエレメントレンズがあると、エレメントレンズを互いに稠密に組み合わせることができないため、エレメントレンズはプリズムに必要とされるような高い精度で形成する必要がある、レンズ群の形成に際しては、エレメントレンズ群を組み合わせつつ、精度の悪いエレメントレンズを、精度の良いエレメントレンズで置き換えて組み合わせしており、レンズ群の形成作業が面倒であり、レンズ群の製造コストの低減が困難であるという問題がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであって、容易且つ安価な製造が可能である、新規なオブチカル・ホモジナイザーの提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の「オブチカル・ホモジナイザー」は、「光束断面上の光強度が不均一な光束を入射され、所定位置に、均一な光強度を持った光束として集光する光学系」であり、マイクロレンズ群素子と、コンデンサーレンズとを有する。

【0008】「マイクロレンズ群素子」は、同一の透明基板に、多数のマイクロレンズを、光束の入射領域に分布させて形成したものである。上記マイクロレンズ群素子に形成されるマイクロレンズは、相互に実質的に「等価」であってもよいし、互いに大きさや焦点距離が異なってもよい。

【0009】「コンデンサーレンズ」は、マイクロレンズ群素子の後方、即ち、マイクロレンズ群素子を介して光源側とは逆の側に配備される。

【0010】マイクロレンズ群素子における、多数のマイクロレンズは、光束の入射領域に「ランダム」に分布するように形成されてもよいが、「2次元のアレイ配列」に配列されていてもよく（請求項2）、あるいは、コンデンサーレンズの光軸を中心として「同心円状」に配列されていてもよい。

【0011】勿論、マイクロレンズが、それぞれ「互いに接して稠密」に形成されるようにすることもできるし（請求項4）、入射する光束の光強度分布に応じて、マイクロレンズの配置密度を変えることもできる。例えば、入射する光束が、コンデンサーレンズの光軸から離れるほど光強度が弱まるような場合、入射領域における周辺部で、マイクロレンズの分布密度を高めるようにし、周辺部の光量を有効に照明に寄与させるようにすることもできる。

【0012】あるいは、入射光束における光強度の変化の大きい部分では、マイクロレンズの有効面積を小さくし、光強度の変化の小さいところでは上記有効面積を大きく設定してもよく、この場合には、マイクロレンズの有効面積に応じて焦点距離を設定する。これは入射光の空間コヒーレンスが高い場合であるが、空間コヒーレンスが低い、あるいは空間コヒーレンスのない入射光で、しかも入射光束が平行光束でなく、物体高を有する光源の場合には、入射光強度分布に応じ、マイクロレンズ群素子上におけるマイクロレンズの位置に応じて、有効面積と焦点距離を設定することができる。

【0013】また、マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズ相互の焦点距離や有効面積に分布を持たせることにより、実質的に均一光強度となる面積領域が、コンデンサーレンズの光軸方向に、有限の広がりを持った領域として存在するようにすることもできる。

【0014】マイクロレンズ群素子における各マイクロレンズは、上述のように、同一の透明基板に形成されるが、各マイクロレンズは、「正の屈折力」を持っても良いし（請求項5）、「負の屈折力」を持っても良い（請求項6）。

【0015】さらに、マイクロレンズ群素子における各マイクロレンズは、透明基板の片面に形成された「微小凸面もしくは微小凹面による屈折面」として構成されても良いし、透明基板の両面に互いに対応して形成された「微小凸面同志もしくは微小凹面同志、または微小凸面と微小凹面との組合せ」により構成されてもよい。

【0016】マイクロレンズ群素子が、透明基板の少なくとも片面に「微小凸面による屈折面群」を有する場合、これら屈折面群は、「透明基板の片面に形成された可塑性材料の層をマイクロレンズ群に応じてパターンニングし、パターンニングされた可塑性材料の表面形状を、熱および/または圧力により凸曲面化し、凸曲面化した可塑性材料の表面形状をエッチングにより透明基板に彫り写す」ことにより形成することができる（請求項7）。

【0017】マイクロレンズ群素子が、透明基板の少なくとも片面に「微小凹面による屈折面群」を有する場合、これら屈折面群は、「透明基板の片面に形成されたレジストの層に、マイクロレンズ群に応じて形成された凹面形状を、エッチングにより透明基板に彫り写す」ことにより形成することができる（請求項8）。

【0018】マイクロレンズ群素子が、透明基板の少なくとも片面に「微小凸面による屈折面群」を有する場合、これら屈折面群を、「屈折面群に応じた凹面群を有する型と、透明基板の片面とにより硬化性樹脂を挟んで、光及び/又は熱により硬化させることにより硬化性樹脂の表面に形成される凸面形状群を、エッチングにより透明基板に彫り写す」ことにより形成することもできる（請求項9）。

【0019】さらにまた、マイクロレンズ群素子が、

「透明基板の少なくとも片面に、微小凹面による屈折面群」を有する場合、これら屈折面群を、「屈折面群に応じた凸面群を有する型と、透明基板の片面とにより硬化性樹脂を挟んで、光及び／又は熱により硬化させることにより硬化性樹脂の表面に形成される凹面形状群を、エッチングにより透明基板に彫り写す」ことにより形成することができる（請求項10）。

【0020】このほか、微小凸面による屈折面は、特公昭61-46408号公報に開示された方法、即ち、

「光学ガラスの表面に所望の円形に配列されたレジストパターンを形成した後に、該ガラス基板をリアクティブイオンエッチングして円柱形の凸部を配列せしめ、該レジストを除去後、加熱して、それぞれの該凸部を球面状に変形せしめて凸レンズとする」方法、あるいは、

「ガラス基板の内部に、イオン交換とフォトリソグラフィにより半球状の屈折率分布領域をアレイ状に形成する」方法等、公知の種々の方法で実現できる。

【0021】上記請求項7、8、9、10記載のオプティカル・ホモジナイザーの場合、エッチングを行う際に、エッチングの条件、例えば「選択比」等を、連続的及び／または段階的に変化させることにより、屈折面の形状を所謂「非球面」とすることも可能である。

【0022】なお、マイクロレンズ群素子における各マイクロレンズの大きさは、レンズ径：500 μ m～数mm程度が好適である。

【0023】

【作用】上記のように、この発明のオプティカル・ホモジナイザーは、マイクロレンズ群素子とコンデンサーレンズとにより構成される。マイクロレンズ群素子に入射した光束は、個々のマイクロレンズによるレンズ作用を受けつつコンデンサーレンズに入射し、発散性の光束もしくは平行光束、あるいは収束性の光束に変換され、互いに所定の位置に於いて合流される。

【0024】マイクロレンズのレンズ作用を受けた個々の光束の強度は、マイクロレンズの位置における入射光束の強度分布により定まり、一般にマイクロレンズごとに異なるが、マイクロレンズはレンズ径が小さいので、個々の光束内における強度分布は「均一な強度分布」と成る。

【0025】これら、マイクロレンズごとの、均一強度分布の光束は、コンデンサーレンズで所定の面積領域において合流されるが、光束の各々は均一強度分布であるので、上記面積領域は均一な強度で照射されることになる。

【0026】

【実施例】以下、実施例を説明する。図1(a)において、符号10はマイクロレンズ群素子、符号20はコンデンサーレンズを示している。マイクロレンズ群素子10は、平行平板状の透明基板であり、その片面に、互いに等価な微小凸面L1、L2、L3、...、L

i, ... が、2次的に分布するように形成されている。

【0027】微小凸面Liは、凸の屈折面として、凸のマイクロレンズを構成する（請求項5）。このマイクロレンズ群素子10に、図のように、左側から平行光束Aを、マイクロレンズ群素子10における各マイクロレンズLiの光軸に平行に入射させる。

【0028】代表として、微小凸面Liに入射する光束部分Aiを考えると、光束部分Aiは、微小凸面Liによるマイクロレンズの正のパワーにより集光され、焦点位置Piに収束したのち、発散性の光束となってコンデンサーレンズ20に入射する。

【0029】コンデンサーレンズ20は、その物体側の焦点面を、上記焦点位置Piを通り、マイクロレンズ群素子10に平行になるようにして、マイクロレンズ群素子10の後方に配備されている。個々のマイクロレンズをなす微小凸面L1、L2、...は互いに等価であるから、全てのマイクロレンズの像側焦点位置は、コンデンサーレンズ10の物体側の焦点面上に分布することになる。

【0030】焦点位置Piに収束し、発散性となった光束は、コンデンサーレンズ20を透過すると、コンデンサーレンズ20の作用により平行光束Biとなって、所定の面30における面積領域31を照射する。面積領域31は、その中心が、コンデンサーレンズ20の光軸21により貫かれている。

【0031】ここで、コンデンサーレンズ20の光軸21に直交する平面を想定し、光軸21との交点を原点として2次元座標(X, Y)を設定すると、マイクロレンズ群素子10に入射する平行光束Aの光強度分布は、上記座標の関数として例えば、A(X, Y)と表すことができる。入射光束Aにおける光強度分布：A(X, Y)は一般に、光束断面内で比較的緩やかに変化する。

【0032】また、微小凸面Liの座標を(Xi, Yi)とし、微小凸面Liのマイクロレンズとしての「有効面積」を Δs とし、各マイクロレンズの焦点距離をfとする。すると、有効面積： Δs が微小であるため、この面積内で光強度は一定と考えられるから、単位時間当たり微小凸面Liに入射する光量は「A(Xi, Yi) Δs 」で表すことができる。

【0033】微小凸面Liにより収束する光束と、焦点位置Piからコンデンサーレンズ20に向かって発散する光束とは、同じ立体角： ω （= $\Delta s / f$ ）を有する。従って、焦点位置Piを通してコンデンサーレンズ20に入射し、コンデンサーレンズ20により平行光束化された光束Biの光束断面積： ΔS は「F $\cdot\omega$ 」になる。ここに、Fはコンデンサーレンズ20の焦点距離である。

【0034】微小凸面Liに入射した光束Aiが、実質的に一定の光強度分布を持つため、コンデンサーレンズ

20により平行光束化された光束 B_i は、光束断面上で実質的に均一な光強度を有している。

【0035】従って、所定の面積領域31も ΔS の面積を持ち、光束 B_i の面積領域31上における光強度は、 $A(X_i, Y_i) \Delta s / \Delta S = A(X_i, Y_i) f \cdot \omega / (F \cdot \omega) = A(X_i, Y_i) f / F$ で表すことができ、この強度は、面積領域31上で一定である。

【0036】面積領域31を照射する光の総量は、上記光量「 $A(X_i, Y_i) \Delta s$ 」を、全微小凸面 L_i に就いて加えあわせたものであり、従って、面積領域31は、均一な光強度： $(f/F) \Sigma A(X_i, Y_i)$ で照射されることになる。上記 Σ において、和を i, j に就き取るとは言うまでもない。

【0037】コンデンサーレンズ20の焦点距離： F を大きくすれば、均一照射できる面積領域31を大きくすることができる。同様に、 f や Δs を大きくすることによっても均一照射できる面積領域を大きくできる。但し、 Δs を大きくする場合は、 Δs 内で入射光束の光強度が大きく変化しないように注意する必要がある。

【0038】図1(b)は、別実施例を示している。この実施例では、図1(a)の実施例におけるマイクロレンズ群素子10に換えて、平行平板状の透明基板の片面に、微小凹面 $l_1, l_2, \dots, l_i, \dots$ を有するマイクロレンズ群素子12を用いている。マイクロレンズ群素子12における微小凹面 l_i は、負の屈折力を持ったマイクロレンズを構成する(請求項6)。このマイクロレンズ群素子12に平行光束を入射させれば、光束は、個々の微小凹面により発散させられ、コンデンサーレンズ20に入射する。

【0039】コンデンサーレンズ20の物体側の焦点面を、微小凹面 l_i の虚の焦点位置に合致させれば、図1(a)の実施例の場合と同様、所定の面30における面積領域31を、均一な光強度で照射することができることは、容易に理解されるであろう。

【0040】なお、上の説明では、説明の簡単のため、コンデンサーレンズの物体側焦点面をマイクロレンズ群素子の、各マイクロレンズの焦点位置に合致させる場合を説明したが、マイクロレンズ素子群は、コンデンサーレンズの光源側であれば、どこに配備しても良く、例えば、コンデンサーレンズの光源側のレンズ面に密着させて配備してもよい。何れの場合にも、コンデンサーレンズ20の像側の焦点面上の領域を均一な光強度に照射できる。

【0041】入射光束も平行光束である必要は無く、マイクロレンズの焦点距離に分布を持たせることにより、前述のように、コンデンサーレンズの高軸方向の有限の領域内で光軸に直交な面上の光強度が実質的に均一であるようにすることもできる。

【0042】図2は、マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズの分布の状態を3例示している。符号10

0は「マイクロレンズ群素子」、符号110は「光束の入射領域」、符号MLは「マイクロレンズ」を表している。

【0043】図2(a)は、光束の入射領域110内に、マイクロレンズMLを、2次元正方マトリックス状にアレイ配列した例(請求項2)であり、(b)は入射領域110内に、マイクロレンズMLを、コンデンサーレンズの光軸位置を中心に、同心円状に配列した例(請求項3)である。このような代表的な配列の他、マイクロレンズの分布をランダムにしてもよいし、入射光束の強度分布に応じ、光強度の弱い部分に高密度で、マイクロレンズを配しても良い。

【0044】図2(c)はマイクロレンズMLの配列の1例で、「六角形状」の各マイクロレンズMLを、それぞれ互いに接して稠密に形成した例(請求項4)を示している。この、図2(c)の例では、光の利用効率が大きく、マイクロレンズ以外の部分を透過する光が光のホモジナイズにノイズとして作用することがない。

【0045】稠密に配列できるマイクロレンズのレンズ形状としては、図2(c)に示す六角形状の他に、4角形状や3角形状、あるいは菱形形状等を挙げることができる。マイクロレンズの形状、即ち前述の Δs の形状は、均一照射される面積領域の形状、即ち、前述の ΔS の形状に対する要求から決定される。

【0046】図2(a), (b)に示すような場合、即ち、マイクロレンズML相互間に間隔がある場合には、必要に応じて、マイクロレンズ以外の部分に遮光膜を設けてもよい。

【0047】また、マイクロレンズ群素子の形状は、図2(a), (b)に示すような「矩形形状」に限らず、光束の入射領域110の形状に応じて、円形あるいは他の形状、例えば楕円形状等とすることもできる。

【0048】また、図1の実施例では、透明基板の片面に微小凸面もしくは微小凹面を形成し、これらを屈折面としてマイクロレンズを構成したが、前述のように、マイクロレンズは、透明基板の両面に対応して形成された屈折面の対(凸と凸、凸と凹、凹と凸、凹と凹)により構成することもできる。

【0049】以下、マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズ群の形成の例をいくつか説明する。

【0050】最初に説明する例は、請求項7に記載されたオプティカル・ホモジナイザーの特徴部分をなすものの例であり、マイクロレンズ群素子が、透明基板の少なくとも片面に、微小凸面による屈折面群を有する場合に、これら屈折面群を形成する場合である。

【0051】図3(a)において、透明基板1の片面には、可塑性材料2の層が形成され、その上に中間層4を介してフォトリジスト6の層が形成されている。透明基板1としてはガラス板や石英板、 SiO_2 板等を用いることができる。

【0052】可塑性材料2としては、加熱に依る熱変形（熱流動と表面張力の作用による）や静圧力の作用で表面形状が曲面化し、ドライエッチングの可能なものであれば良く、フォトレジスト等の各種レジストを用いることが出来る。具体的な例としては、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリウレタンや、ポリグリシジルメタクリレート樹脂等のメタルリレート類を挙げることができる。

【0053】中間層4は金属材料あるいは非金属材料による薄膜で、熱可塑性材料層上に形成される。中間層を金属材料で形成する場合は、銅やアルミニウム等の真空蒸着やスパッタリングにより、厚さ：2000～10000Åに形成するのがよい。また、中間層を非金属材料で形成する場合には、Si等を真空蒸着やスパッタリングで成膜すれば良く、厚さは2000～5000Åが好適である。フォトレジスト6の層は、厚さ1μm以下程度の薄層に形成する。

【0054】図3（b）は、図3（a）に示す状態において、フォトレジスト6の薄層にフォトリソグラフィによるパターンニングを行い、マイクロレンズ（微小凸面）となるべき屈折面の配列パターンをフォトレジスト6の層に形成した状態を示している。

【0055】パターンニングの際の露光は、マスクを用いた均一露光（この発明のオプティカル・ホモジナイザーはこのような場合の露光にも利用できる）で行っても良いし、レーザー描画等の方法で行っても良い。

【0056】図3（c）は、図3（b）の状態から、パターンニングされたフォトレジスト6をマスクとして中間層4をエッチングし、フォトレジスト6にパターンニングされたパターン（屈折面形状の配列パターン）に「合」同的に対応するパターンを中間層4に形成した状態を示している。この場合のエッチングは、中間層4が金属材料で金属薄膜層として形成されている場合にはウェットエッチングで行うが、中間層がSi等の薄膜として形成されている場合には、ウェットエッチングで行っても良いし、CHF₃やC₂F₆、CF₄等を用いてドライエッチングで行っても良い。

【0057】図3（d）は、（c）の状態から、中間層4のパターンをマスクとしてドライエッチングを行い、可塑性材料2の層に、屈折面の配列パターンに従う3次元パターンを形成した状態を示す。このドライエッチングを実行するに先立って、中間層4上のフォトレジスト6のパターンを除去しても良い。

【0058】図3（e）は、図3（d）の状態から、中間層4を除去した状態である。この状態から、パターンニングされた可塑性材料2のパターンに対し、熱および／または圧力（高圧ガスにより静圧力として等方的に作用させる）を作用させて、可塑性材料2の表面形状を凸曲面化した状態が、図2（f）である。

【0059】この状態から、異方性のドライエッチング

を行い、可塑性材料2の表面形状として形成された凸曲面形状を透明基板1に彫り写すと、図3（g）に示すように、透明基板1の表面形状として、微小凸面による屈折面の配列が得られる。この透明基板は、例えば、図1（a）の実施例のマイクロレンズ群素子10として使用できる。

【0060】上記図3に示す屈折面形成方法において、中間層4の形成を省略することができる。また、透明基板の片面に直接フォトレジストの層を形成し、この層に、屈折面の配列パターンをパターンニングし、その後、フォトレジスト自体を加熱して、その表面を凸曲面形状に熱変形させ、この凸曲面形状の配列を、エッチングにより透明基板表面に彫り写して屈折面とすることもできる。

【0061】図4は、マイクロレンズ群素子が、透明基板の片面に、微小凹面による屈折面群を有する場合に、これら屈折面群を形成する方法を説明するための図である。この例は、請求項8記載の発明における特徴部分をなしている。

【0062】透明基板1の片面に、ポジのフォトレジスト6の層を形成し（図4（a））、この層に屈折面の配列パターンを露光する。このとき、屈折面配列における各屈折面に当たる部分で、屈折面中心部に相当する部分で光透過率が高く、上記中心から周辺部に行くに従って光透過率が低下しているようなマスクを用いて露光を行う。

【0063】露光により感光したフォトレジストを現像により除去すると、図4（b）に示すように、屈折面に対応した凹曲面の配列が形成されるので、この状態から異方性のエッチングをおこなって、上記凹曲面の配列形状を透明基板1に彫り写すと、図4（c）に示すように、微小凹面による屈折面配列が得られる。このように、微小凹面による屈折面の配列を形成された透明基板は、図1（b）に示す実施例におけるマイクロレンズ群素子12として使用できる。

【0064】図5は、マイクロレンズ群素子が、透明基板の片面に、微小凹面による屈折面群を有する場合に、これら屈折面群を形成する方法を説明するための図である。この例は、請求項10記載の発明における特徴部分をなしている。

【0065】図5（a）は、透明基板1の片面に、熱および／または光により硬化する硬化性樹脂（ここでは、紫外線硬化性樹脂7）を塗布した状態を示している。図5（b）において、符号8は型を示す。型8は、紫外線透過性の透明材料で形成され、その片面に微小凸面8Aの配列が形成されている。微小凸面8Aは、マイクロレンズとして透明基板1に形成しようとする屈折面の微小凹面形状に対応している。

【0066】図5（c）に示すように、透明基板1と型8とで紫外線硬化性樹脂7を挟み、同時に、型8を介し

11

て紫外線U、Vを照射して、紫外線硬化性樹脂7を硬化させる。この状態から、型8を取り除くと、図5(d)に示すように、紫外線硬化性樹脂7の層の表面に、型8の微小凸面8Aの形状が微小凹面として転写されている。

【0067】この状態から異方性のエッチングを行い、紫外線硬化性樹脂7の表面形状を、透明基板1に彫り写せば、図5(e)に示すように、微小凹面による屈折面配列が得られる。このように、微小凹面による屈折面の配列を形成された透明基板1は、図1(b)に示す実施例におけるマイクロレンズ群素子12として使用できる。

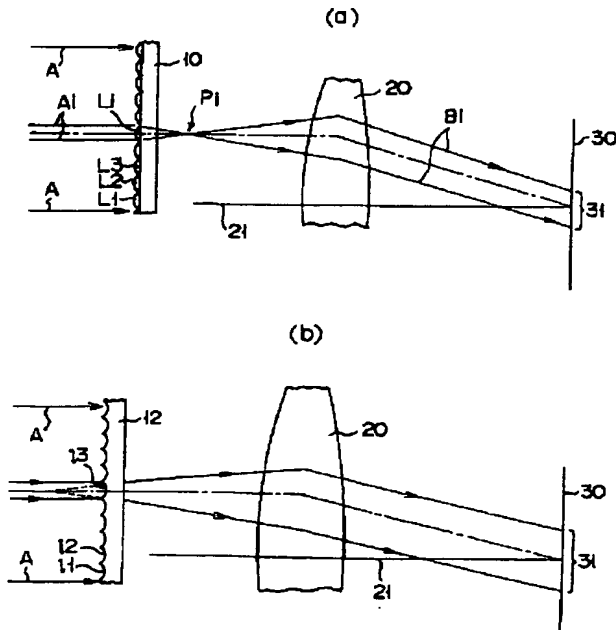
【0068】上記図5に即しての説明において、型8に換えて、微小凹面の配列を持つ型を用い、その型形状を微小凸面の配列として紫外線硬化性樹脂7に彫り写し、さらにその形状をエッチングにより透明基板1に彫り写せば、微小凸面による屈折面配列が得られることは容易に理解されよう(請求項9)。このように、微小凸面による屈折面の配列を形成された透明基板1は、図1

(a)に示す実施例におけるマイクロレンズ群素子10として使用できる。

【0069】なお、図3～5記載の実施例において、透明基板に屈折面形状をエッチングで彫り写す際に、選択比等を連続的および/または段階的に変化させれば、屈折面の形状を非球面化できるので、マイクロレンズにおける球面収差を有効に補正して、良好なホモジナイズ機能を実現できる。

【0070】

【図1】



12

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば新規なオプティカル・ホモジナイザーを提供できる(請求項1～10)。この発明のオプティカル・ホモジナイザーは、上記のように、マイクロレンズ群素子が、透明基板にマイクロレンズ群を形成することにより構成されており、エレメントレンズを組み合わせることでフライアイレンズを構成する場合に比して製造が容易である。また、透明基板としてSiO₂板を用いると紫外光に対してもホモジナイズを行うことができる。

【0071】請求項7～10記載のオプティカル・ホモジナイザーは、マイクロレンズ群素子における多数のマイクロレンズを、一度に精度良く、容易に形成できるので、製造コストが安価である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のオプティカル・ホモジナイザーの実施例を2例説明するための図である。

【図2】マイクロレンズ群素子におけるマイクロレンズの配列状態を3例説明するための図である。

【図3】マイクロレンズ群素子における屈折面形成方法の1例を説明するための図である。

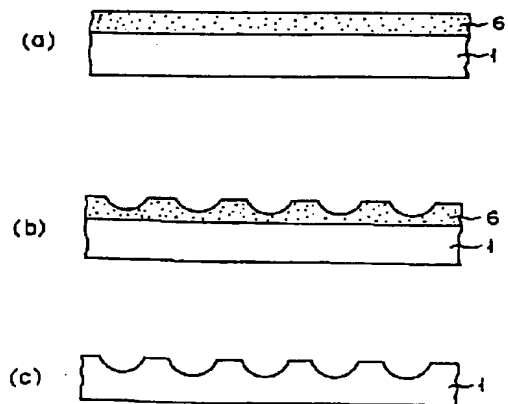
【図4】マイクロレンズ群素子における屈折面形成方法の別例を説明するための図である。

【図5】マイクロレンズ群素子における屈折面形成方法の他の例を説明するための図である。

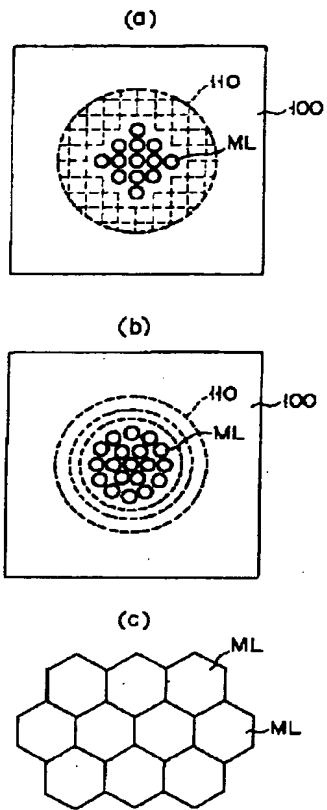
【符号の説明】

- 10 マイクロレンズ群素子
- 20 コンデンサーレンズ
- 31 均一照射されるべき面積領域

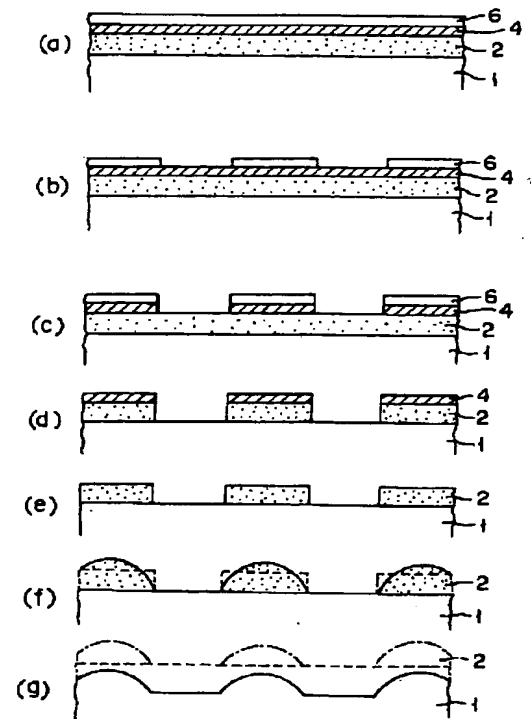
【図4】



【図 2】



【図 3】



【図 5】

